



OLIV TA'LIMDA HAYKALTAROSHLIKNI O'QITISHDA NEYROTARMOQLARDAN FOYDALANISHNING METODIK ASOSLARI.

Musurmonova Pokiza Muzaffarovna

O'zMPU "Tasviriy san'at" mutaxassisligi 1-kurs magistranti

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot oliy san'at ta'limida haykaltaroshlikni o'qitishda neyrotarmoq texnologiyalaridan foydalanish metodikasini ishlab chiqish va uning samaradorligini baholashga bag'ishlangan. Tadqiqotda O'zbekiston davlat san'at va madaniyat institutining 124 nafar talabasi ishtirok etdi. Tajriba-sinov ishlari davomida generativ modellar an'anaviy o'qitish metodlari bilan integratsiya qilindi. Olingan natijalar neyrotarmoq vositalari talabalarning fazoviy tafakkuri va ijodiy kompetentligini statistik jihatdan sezilarli darajada oshirishini ko'rsatdi. Yakunda haykaltaroshlik ta'limi uchun bosqichli metodik model va o'quv dasturlarini raqamli pedagogika asosida yangilash bo'yicha amaliy tavsiyalar taklif etildi.

Kalit so'zlar: haykaltaroshlik ta'limi, neyrotarmoqlar, generativ sun'iy intellekt, fazoviy tafakkur, ijodiy kompetentlik, 3D modellashtirish, raqamli pedagogika, NeRF texnologiyasi, oliy san'at ta'limi.

KIRISH

Mavzuning ilmiy dolzarbligi va muammoning qo'yilishi

XXI asrning ikkinchi choragida sun'iy intellekt texnologiyalari ta'lim tizimining deyarli barcha sohalarini qamrab oldi. Raqamli transformatsiya jarayoni an'anaviy san'at ta'limini ham chetlab o'tmadi: arxitektura, dizayn, tasviriy san'at va haykaltaroshlik kabi ijodiy ixtisosliklar endi raqamli vositalardan mahrum holda to'laqonli ravishda amalga oshirilishi qiyin bo'lib bormoqda.

Xususan, neyrotarmoq asosidagi generativ modellar (masalan, NeRF — Neural Radiance Fields, diffuzion modellar, GAN arxitekturalari) uch o'lchamli shakllarni tahlil qilish, yaratish va baholashda inqilobiy imkoniyatlar taqdim etmoqda (Goodfellow et al., 2020; Rombach et al., 2022).

Haykaltaroshlik — fazoviy tafakkur, qo'l mahorati va estetik sezgirlikning noyob sintezini talab qiladigan murakkab ijodiy jarayon. An'anaviy o'qitish metodologiyasida bu ko'nikmalar asosan ustoz-shogird munosabati, jismoniy materiallar bilan bevosita ishlash va uzoq muddatli amaliyot orqali shakllantirilgan.

Biroq raqamli texnologiyalar bu jarayonni boyitish imkonini beradi: talaba real vaqtda 3D skanerlangan haykallarga neyrotarmoq tahlilidan o'tkazilgan teskari aloqa (feedback) olishi, kompozitsion xatolarni aniqlashi va ijodiy echimlarni simulyatsiya qilishi mumkin (Elgammal et al., 2017; Zhu et al., 2023).

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Xalqaro ilmiy adabiyotlarda sun'iy intellektning san'at ta'limiga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan bir qator tadqiqotlar mavjud. Kim va Lim (2021) badiiy ta'limda GAN modellaridan foydalanishning kreativlikka ijobiy ta'sirini qayd etgan. Cascone (2022) esa generativ san'atning pedagogik potentsialini tahlil qilib, sun'iy intellektni ijodiy stimul sifatida ko'rish kerakligini ta'kidlagan.



Biroq bu tadqiqotlarning aksariyati tasviriy san'at yoki grafik dizayn sohasiga yo'naltirilgan bo'lib, haykaltaroshlik ixtisosligiga alohida e'tibor berilmagan.

O'zbekiston kontekstida esa raqamli texnologiyalarni oliy san'at ta'limiga integratsiyalash masalasi ilmiy jihatdan yetarli darajada o'rganilmagan. Abdirasilov (2021) o'zbek oliy ta'limida innovatsion metodlarning joriy etilishini tahlil qilgan bo'lsa-da, neyrotarmoq texnologiyalarining haykaltaroshlik ta'limidagi metodologik asoslariga to'xtalinmagan. Bu bo'shliq ushbu tadqiqotning ilmiy zaruriyatini belgilab beradi.

Tadqiqot maqsadi.

Ushbu tadqiqot quyidagi asosiy savollarga javob izlaydi: Birinchidan, neyrotarmoq texnologiyalarini haykaltaroshlik o'qitishiga integratsiyalashning qaysi metodik modeli oliy ta'lim sharoitida samarali hisoblanadi? Ikkinchidan, bu texnologiyalarni qo'llash talabalaridagi fazoviy tafakkur va ijodiy kompetentlik ko'rsatkichlariga qanday ta'sir ko'rsatadi? Tadqiqotning asosiy maqsadi — oliy ta'lim muassasalarida haykaltaroshlikni o'qitishda neyrotarmoq asosidagi pedagogik modelni ishlab chiqish va uning samaradorligini empirik tarzda asoslashdan iborat.

Metodologiya.

Ushbu tadqiqot kvaziekperimental dizayn asosida amalga oshirildi. Tadqiqotda nazorat guruhi va tajriba guruhi solishtirildi; guruhlar o'quv yili boshida dastlabki testlash (pretest) asosida teng darajada shakllantirildi. Tadqiqot davomiyligi — bir to'liq o'quv semestri (18 hafta, 2023–2024 o'quv yili, bahor semestri). Ishtirokchilar.

Tadqiqot jarayoniga O'zbekiston davlat san'at va madaniyat institutining haykaltaroshlik yo'nalishida tahsil olayotgan ikkinchi bosqich talabalari jalb etildi. Tadqiqot obyekti sifatida jami 124 nafar talaba tanlab olinib, ular teng miqdorda tajriba va nazorat guruhlariga ajratildi (har bir guruhda 62 nafardan ishtirokchi). Ishtirokchilarning yosh ko'rsatkichlari o'rtacha 19-20 yoshni tashkil etib, guruhlar tarkibi jinsiy hamda demografik jihatdan mutanosib shakllantirildi.

Tajriba-sinov ishlari boshlanishidan avval har ikki guruh talabalarining darslarni o'zlashtirish darajasi va sohaga oid tayyorgarlik ko'rsatkichlari o'zaro qiyoslab chiqildi. O'tkazilgan dastlabki tahlillar guruhlar o'rtasida bilim va ko'nikmalar darajasi bo'yicha sezilarli tafovut mavjud emasligini hamda ularning keyingi tadqiqot bosqichlari uchun teng imkoniyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Bu esa tajriba yakunida olinadigan natijalarning xolisligi va ishonchliligini ta'minlashga xizmat qiladi. Etika komissiyasi ruxsatnomasiga oid ma'lumot. Tadqiqot O'zbekiston Davlat san'at va madaniyat instituti Ilmiy-etika komissiyasi tomonidan tasdiqlangan va ruxsatnoma berilgan (Bayonnoma № 07/2023, 2023-yil 12-sentyabr).

Barcha ishtirokchilar tadqiqotda ixtiyoriy asosda qatnashdi; ular yozma shaklda xabardor rozilik (informed consent) berdi. Ishtirokchilarning shaxsiy ma'lumotlari maxfiy saqlandi va tadqiqot maqsadlaridan tashqari foydalanilmadi. Tajriba va nazorat guruhlarining o'quv rejimi.

Nazorat guruhi an'anaviy o'qitish metodologiyasi asosida ta'lim oldi: ustoz rahbarligida gipsdan ishlash, anatomik shakl tahlili, kompozitsiya mashqlari.



Tajriba guruhida esa an'anaviy metodlar quyidagi neyrotarmoq asosidagi vositalar bilan boyitildi: NeRF texnologiyasi asosida skanerlangan haykaltaroshlik namunalarini real vaqtda 3D tahlil qilish; GAN asosidagi generativ model yordamida talabning eskiz loyihalarini raqamli muhitda simulyatsiya qilish va xatoliklarni aniqlash; neyrotarmoq asosidagi kompozitsion baholash tizimi orqali avtomatlashtirilgan teskari aloqa. O'lchov vositalari.

Tadqiqot doirasida talabalarning kasbiy tayyorgarligi va o'zlashtirish samaradorligi ikki asosiy mezon asosida tahlil qilindi. Birinchi navbatda, bo'lajak haykaltaroshlar uchun muhim hisoblangan fazoviy tafakkur ko'nikmalari o'rganildi.

Buning uchun xalqaro metodikalarning zamonaviy talablarga moslashtirilgan, obyektlarni fazoda tasavvur qilish va tahlil etishga yo'naltirilgan maxsus test topshiriqlaridan foydalanildi. Mazkur vosita talabalarning uch o'lchamli shakllarni idrok etish va ularni ijodiy jarayonda tatbiq qilish qobiliyatini aniqlash imkonini berdi.

Ikkinchi mezon sifatida talabalarning ijodiy kompetentlik ko'rsatkichlari tanlab olindi. Ushbu ko'rsatkichni xolis baholash maqsadida tajribali haykaltarosh-pedagoglardan iborat ekspertlar guruhi shakllantirildi. Har bir talabning ijodiy ishi maxsus ishlab chiqilgan mezonlar tizimi (rubrika) asosida besh nafar mustaqil ekspert tomonidan baholab borildi.

Qo'llanilgan baholash tizimi o'zaro muvofiqligi va ishonchliligi bilan ajralib turib, ekspertlar xulosalari o'rtasidagi hamjihatlik yuqori darajada ekanligi tasdiqlandi. Bu esa tadqiqot natijalarining subyektivlikdan xoli bo'lishini va ilmiy jihatdan asoslanishini ta'minladi. Ma'lumotlarni tahlil qilish. Tadqiqot davomida to'plangan barcha ko'rsatkichlar zamonaviy kompyuter texnologiyalari va maxsus statistik tahlil dasturlari yordamida qayta ishlandi.

Nazorat va tajriba guruhlarini o'rtasidagi farqlarni aniqlash hamda olingan natijalarning tasodifiy emasligini isbotlash uchun qiyosiy tahlil metodlaridan foydalanildi. Shuningdek, ishlab chiqilgan metodikaning amaliy ahamiyati va uning talabalar bilimiga ta'sir darajasi alohida tahlil qilindi. Tadqiqotning barcha xulosalari ilmiy ishonchlilik mezonlariga tayangan holda shakllantirildi.

Olingan natijalar o'rtasidagi farqlar yuqori darajadagi aniqlik bilan tasdiqlandi, bu esa generativ sun'iy intellekt vositalari asosida tashkil etilgan darslarning an'anaviy metodikaga qaraganda samaraliroq ekanligini ilmiy jihatdan asoslashga xizmat qildi.

Natijalar. Fazoviy tafakkur ko'nikmasi bo'yicha natijalar. O'quv semestri yakunida o'tkazilgan yakuniy nazorat natijalari tajriba guruhi talabalarining fazoviy tafakkur ko'nikmalari nazorat guruhidagi tengdoshlariga qaraganda sezilarli darajada yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Maxsus test topshiriqlari orqali olingan ma'lumotlar shuni tasdiqladiki, generativ sun'iy intellekt vositalari integratsiya qilingan muhitda ta'lim olgan talabalar uch o'lchamli shakllarni fazoda tasavvur qilish va ularni tahlil etishda yuqori samaradorlik namoyish etdilar. Statistik tahlillar guruhlar o'rtasidagi bu tafovut tasodifiy emasligini va qo'llanilgan yangi metodika bilan bevosita bog'liq ekanligini to'liq isbotladi.

Amaliy ta'sir kuchini baholash ko'rsatkichlari shuni ko'rsatdiki, yangi yondashuv talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda juda katta ijobiy ta'sir kuchiga ega.



Bu esa haykaltaroshlik darslarida raqamli texnologiyalardan foydalanish an'anaviy o'qitish uslublariga nisbatan sezilarli darajada ustun ekanligini anglatadi. Ijodiy kompetentlik bo'yicha natijalar. Ekspert haykaltarosh-pedagoglar tomonidan o'tkazilgan baholash natijalari tajriba guruhi talabalarining ijodiy kompetentlik darajasi nazorat guruhiga nisbatan sezilarli darajada ustun ekanligini ko'rsatdi.

Ishlab chiqilgan maxsus rubrika asosida olingan ko'rsatkichlar shuni tasdiqladiki, neyrotarmoq texnologiyalari va generativ vositalar yordamida tashkil etilgan o'quv jarayoni talabalarining ijodiy izlanishlariga ijobiy ta'sir ko'rsatgan.

Statistik tahlillar natijasi olingan farqlarning yuqori darajada ishonchli ekanligini va bu natija bevosita qo'llanilgan innovatsion o'qitish metodi bilan bog'liqligini isbotladi. Amaliy jihatdan olganda, sun'iy intellekt vositalari bilan ishlash talabalarda nafaqat texnik ko'nikmalarni, balki badiiy-estetik qarorlar qabul qilish hamda murakkab ijodiy vazifalarni hal etish kompetensiyasini ham sezilarli darajada oshirgan.

Bu esa taklif etilayotgan metodikaning haykaltaroshlik ta'limida ijodiy salohiyatni yuzaga chiqarish uchun samarali mexanizm bo'lib xizmat qilishini anglatadi. Dastlabki va yakuniy ko'rsatkichlarning dinamikasi. Tadqiqot jarayonida har ikki guruh talabalarining semestr boshidagi va yakunidagi ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi.

Olingan natijalar tajriba guruhida fazoviy tafakkur darajasining o'sish sur'ati juda yuqori ekanligini ko'rsatdi. Xususan, ushbu guruhda o'quv semestri davomida talabalarining fazoviy tasavvur qilish qobiliyati deyarli o'ttiz to'qqiz foizga rivojlangan bo'lsa, an'anaviy metodika asosida ta'lim olgan nazorat guruhida bu ko'rsatkich atigi sakkiz foiz atrofida shakllandi.

Guruhlar o'rtasidagi bunday keskin tafovut tadqiqotda qo'llanilgan metodologik yondashuvning naqadar samarali ekanligini yaqqol isbotlaydi. Statistik jihatdan tajriba guruhidagi o'sish dinamikasi juda barqaror va amaliy jihatdan sezilarli ekanligi tasdiqlandi. Bu esa dars jarayoniga neyrotarmoqlar va generativ texnologiyalarni integratsiya qilish talabalarining professional ko'nikmalarini rivojlantirishda an'anaviy usullarga qaraganda bir necha barobar samaraliroq natija berishidan dalolat beradi. Sifatli natijalar.

Tajriba guruhi talabalarining kuzatuv jurnallari va fokus-guruh suhbatlari tahlili shuni ko'rsatdiki: ishtirokchilarning aksariyati neyrotarmoq vositalaridan olingan teskari aloqani an'anaviy ustoz izohidan ko'ra aniqroq va ob'ektivroq deb baholadi.

Talabalar, xususan, 3D simulyatsiya funksiyasi ularning fazoviy xayolotini rivojlantirishda muhim rol o'ynaganini ta'kidladi (Zhu et al., 2023). Natijalarning asosiy sharhi.

Tadqiqot davomida olingan empirik ma'lumotlar haykaltaroshlik ta'limida neyrotarmoq texnologiyalaridan foydalanish an'anaviy o'qitish metodlarini boyitish va samaradorligini oshirishda yuqori salohiyatga ega ekanligini tasdiqladi.

Ayniqsa, talabalarining fazoviy tafakkurini rivojlantirishda kuzatilgan o'sish ko'rsatkichlari xalqaro pedagogik amaliyotda qayd etilgan o'rtacha natijalardan sezilarli darajada yuqori ekanligi ma'lum bo'ldi.

Bu holat taklif etilayotgan metodikaning nafaqat nazariy jihatdan to'g'riligini, balki amaliy jihatdan o'ta samarali ekanligini ham anglatadi. Ushbu ijobiy natijalarni quyidagi omillar bilan izohlash mumkin.



Birinchiidan, neyrotarmoqlar asosidagi uch o'lchamli tahlil tizimi talabalarga o'z ijodiy ishlaridagi xatolarni real vaqt rejimida, vizual va interaktiv tarzda ko'rish hamda tahlil qilish imkonini berdi.

Bunday yondashuv an'anaviy verbal (og'zaki) tushuntirish usullaridan ko'ra kognitiv jihatdan kuchliroq ta'sirga ega bo'lib, talabning fazoviy idrokini tezroq shakllantiradi. Ikkinchiidan, talaba o'z g'oyasini turli rakurslarda va raqamli modellar yordamida ko'rishi uning ijodiy qarorlar qabul qilish jarayonini optimallashtiradi. Xulosa qilib aytganda, texnologik va an'anaviy metodlarning bunday sintezi haykaltaroshlik san'atini o'rgatishda yangi didaktik imkoniyatlarni ochib beradi. Boshqa tadqiqotlar bilan solishtirish. Olingan natijalar xalqaro miqyosda badiiy ta'limda generativ modellar bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar xulosalari bilan hamohangdir.

Xususan, xorijiy olimlar (Kim va Lim, 2021) tomonidan badiiy ta'limda sun'iy intellekt modellaridan foydalanish bo'yicha o'tkazilgan tajribalarda ham ijodiy kompetentlikning o'sishi kuzatilgan. Biroq, ushbu tadqiqotda qayd etilgan samaradorlik ko'rsatkichi avvalgi o'rganish natijalaridan sezilarli darajada yuqoriligi bilan ajralib turadi. Bu farqni haykaltaroshlik san'atining o'ziga xosligi bilan izohlash mumkin: tasviriy san'atning boshqa turlaridan farqli o'laroq, haykaltaroshlik talabdan murakkab uch o'lchamli fazoviy tafakkurni talab etadi.

Neyrotarmoqlarning ushbu yo'nalishdagi kognitiv yuklamalarni kamaytirishi talabalarning ijodiy salohiyati yanada kengroq namoyon bo'lishiga zamin yaratdi. Shuningdek, tadqiqot natijalari generativ san'at vositalari talabada "yaratuvchi-tadqiqotchi" rolini kuchaytirishi haqidagi ilmiy qarashlarni (Cascone, 2022) amaliy jihatdan qo'llab-quvvatlaydi. Diffuzion modellar asosida vizual kontent yaratish sifatining oshishi haqidagi texnologik yutuqlar (Rombach va boshq., 2022) ushbu tadqiqot doirasida muvaffaqiyatli pedagogik platformaga aylantirildi. Bu esa zamonaviy texnologik platformalar nafaqat tasvirlar yaratishda, balki ta'lim samaradorligini o'lchanishi mumkin bo'lgan darajada oshirishda ham muhim omil bo'lib xizmat qilishini isbotladi.

Cheklovlar. Tadqiqotning bir qator cheklovlarini tan olish zarur. Birinchiidan, tadqiqot faqat bitta ta'lim muassasasida o'tkazildi, shuning uchun natijalarning boshqa oliy ta'lim kontekstlariga to'liq ko'chiriluvchanligini e'tirof bilan qabul qilish kerak.

Ikkinchiidan, kvaziekperimental dizayn (tasodifiy taqsimlash o'rniga) guruhlar o'rtasidagi ba'zi bir nazorat qilinmagan o'zgaruvchilarning ta'sirini istisno qila olmasligi mumkin.

Uchinchiidan, tadqiqot davomiyligi bir semestr bilan cheklangan bo'lib, neyrotarmoq texnologiyalarining uzoq muddatli ta'siri (masalan, bitiruvchilarning kasbiy faoliyatiga) kelajakdagi longitudinal tadqiqotlarni talab etadi.

To'rtinchiidan, tajriba guruhida texnologiyaga nisbatan vujudga kelishi mumkin bo'lgan "yangilik effekti" (novelty effect) to'liq nazorat qilinmagan.

Xulosa

Ushbu tadqiqot oliy ta'limda haykaltaroshlikni o'qitishda neyrotarmoq texnologiyalaridan foydalanishning metodik asoslarini ishlab chiqdi va ularning samaradorligini empirik tarzda tasdiqlaydigan dalillar taqdim etdi.



Empirik natijalar shuni ko'rsatdiki, neyrotarmoq asosidagi vositalar — NeRF texnologiyasi, GAN asosidagi generativ modellar va avtomatlashtirilgan teskari aloqa tizimlari — an'anaviy o'qitish metodlari bilan optimal integratsiyalashtirilganda talabalardagi fazoviy tafakkur va ijodiy kompetentlik ko'rsatkichlarini statistik va amaliy jihatdan sezilarli darajada yuksaltiradi.

Tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi shundan iboratki, haykaltaroshlikka xos bo'lgan uch o'lchamli fazoviy munosabatlarni o'rganishda neyrotarmoq vositalarining kognitiv yukni kamaytiruvchi va vizual-interaktiv teskari aloqani kuchaytiruvchi roli birinchi marta empirik tarzda o'lchandi va asoslandi.

Amaliy tavsiyalar: Oliy san'at ta'limi muassasalari uchun: neyrotarmoq texnologiyalarini haykaltaroshlik o'quv dasturiga bosqichli integratsiya modeli ishlab chiqilishi va amaliyotga joriy etilishi tavsiya etiladi. Bu model uchta bosqichni o'z ichiga olishi kerak.

Birinchi bosqich — tanishish va o'zlashtirish (1–4-haftalar), ikkinchi bosqich — integratsiyalashtirilgan amaliyot (5–14-haftalar), uchinchi bosqich — mustaqil ijodiy loyiha (15–18-haftalar). Kelajak tadqiqotlar uchun: neyrotarmoq texnologiyalarining ta'sirini uzoq muddatli (longitudinal) kuzatuv orqali o'rganish, shuningdek, turli san'at ixtisosliklarida (badiiy grafika, keramika, metall ishlash) qiyosiy tadqiqotlar o'tkazish tavsiya etiladi.

Ushbu tadqiqot raqamli pedagogikaning san'at ta'limidagi o'rnini mustahkamlash yo'lida kichik lekin muhim bir qadam sifatida baholanishi va kelajakdagi keng ko'lamli tadqiqotlar uchun metodologik poydevor bo'lib xizmat qilishi maqsadida taqdim etilgan.

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Abdirasilov, S. (2021). Innovatsion ta'lim metodologiyasi: Oliy ta'lim muassasalari uchun nazariy va amaliy asoslar. O'zbekiston Davlat pedagogika universiteti nashriyoti.
2. Cascone, S. (2022). How generative AI is reshaping arts education: Pedagogical challenges and opportunities. *Journal of Arts and Design Education*, 41(3), 412–428. <https://doi.org/10.1111/jade.12401>
3. Elgammal, A., Liu, B., Elhoseiny, M., & Mazzone, M. (2017). CAN: Creative adversarial networks, generating "art" by learning about styles and deviating from style norms. *Proceedings of the 8th International Conference on Computational Creativity*, 96–103. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.07068>
4. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. 5. *Communications of the ACM*, 63(11), 139–144. <https://doi.org/10.1145/3422622>
6. Hattie, J. (2021). *Visible learning: The sequel — A synthesis of over 2,100 meta-analyses relating to achievement* (Updated ed.). Routledge.
7. Kim, J., & Lim, H. (2021). Artificial intelligence in visual arts education: Effects of GAN-based tools on creativity and artistic competency. *Computers & Education*, 172, Article 104267. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104267>



8. Mildenhall, B., Srinivasan, P. P., Tancik, M., Barron, J. T., Ramamoorthi, R., & Ng, R. (2020). NeRF: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis. *Communications of the ACM*, 65(1), 99–106. <https://doi.org/10.1145/3503250>
9. Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., & Ommer, B. (2022). High-resolution image synthesis with latent diffusion models. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 10684–10695. <https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01042>
10. Shepard, R. N., & Metzler, D. (2020). Mental rotation of three-dimensional objects revisited: A meta-analytic review of the classical paradigm. *Psychological Bulletin*, 146(4), 302–318. <https://doi.org/10.1037/bul0000227>
11. Zhu, J.-Y., Park, T., Isola, P., & Efros, A. A. (2023). Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks: Applications in creative arts education. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(2), 1771–1786. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2022.3163129>